

Antena plana Banda Ku en tecnología SIW

Gloria Amazares Calderón, José Manuel Inclán Alonso, Manuel Sierra Pérez.

{g_amazares, chema, m.sierra.perez} @gr.ssr.upm.es.

Grupo de Radiación Dpto. de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones Universidad Politécnica de Madrid
Avda. Complutense, 30. 28040 Madrid. España.

Abstract- This document contains the different parts of a plain antenna which is able to establish a satellite communication. This antenna has been designed in Ku Band. Nowadays this band is specially used by satellite communications and shows numerous advantages, for instance the antennas have small size therefore these antennas are cheaper. The SIW technology is a fundamental part of this project from start to end, because this technology has a lot of applications and leads in this field. Not only have been simulated all the elements of this antenna but also have been built to compare both simulations and measurements.

I. INTRODUCCIÓN

La antena diseñada es una antena plana para sistemas portátiles de comunicaciones por satélite en banda Ku.

El desarrollo de la antena consiste en el diseño y construcción de la red de distribución junto con los elementos radiantes [4]. Finalmente se diseñará un polarizador encargado de proporcionar polarización circular.

La red de distribución está compuesta por codos y divisores de potencia, a través de estos elementos la potencia se repartirá por toda la red. Los elementos radiantes son ranuras longitudinales en unas guías de onda.

La elección de las antenas se ha realizado en base al ancho de banda de operación necesario, a la atenuación que presentan o la estabilidad del modo fundamental de propagación con respecto a otras líneas de transmisión.

La parte fundamental de esta antena es el empleo de una tecnología denominada SIW (Substrate Integrated Waveguide). Esta tecnología tiene como aspectos positivos la ligereza y la facilidad a la hora de construir en comparación con las guías de onda tradicionales. La desventaja principal de trabajar con SIW es la complejidad de las simulaciones en los programas software, por lo que se ha tenido que simular con elementos tradicionales. A los modelos diseñados se les han aplicado las ecuaciones necesarias para pasar a la tecnología SIW y llevar a cabo su construcción.

Las ecuaciones necesarias para diseñar con tecnología SIW se detallan a continuación [7]:

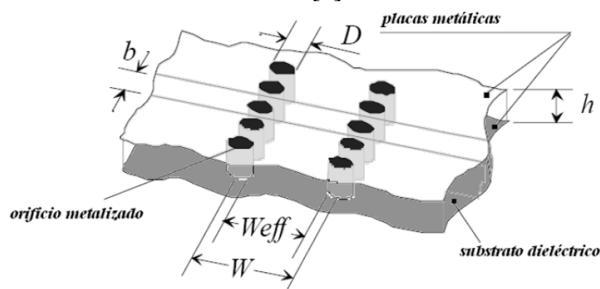


Fig. 1 Tecnología SIW

La distancia b tiene que cumplir lo siguiente:

$$b \leq 2D$$

Puesto que el diámetro D y la distancia b son directamente proporcionales para que las pérdidas se reduzcan es necesario que D sea el mínimo posible, teniendo en cuenta que a mayor tamaño de estas distancias más fácil será la fabricación.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, para lograr un diámetro lo suficientemente grande hay que cumplir que:

$$D < \frac{\lambda_g}{5}$$

Finalmente, la relación entre la W_{eff} y W es la siguiente:

$$W_{eff} = W - \frac{D^2}{0.95 \cdot b}$$

Debido a las complejidades que presenta esta tecnología en los programas software de simulación, inicialmente todos los elementos que componen la antena son diseñados con tecnología tradicional de guía de onda rectangular, es decir, se diseñarán con el parámetro anterior W para posterior, y mediante las fórmulas descritas, pasar a W_{eff} .

El material empleado para el diseño de esta antena es el RO4350B. Como inconvenientes de este material destacan las elevadas pérdidas que presenta con respecto a otros, por ejemplo el RO3035, y la dificultad a la hora de diseñar los elementos con tecnología tradicional ya que constante dieléctrica que presenta es muy alta. Por otra parte destacan ventajas como el bajo coste y la facilidad a la hora de metalizar vías.

II. TRANSICIÓN

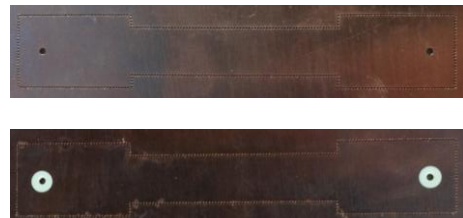


Fig. 2 Transición

Este elemento se utiliza para alimentar a la guía de onda mediante un cable coaxial. El cable coaxial se introduce por la cara inferior de la guía de onda y el conductor interior del cable coaxial se suelda en la capa superior.

En la capa superior se puede o no diseñar un gap de aire para compensar la carga inductiva que crea el conductor interior del cable coaxial. Aunque a priori deberían de obtenerse mejores resultados con el gap de aire, en la

siguiente figura se puede observar que en este caso no ha sido así.

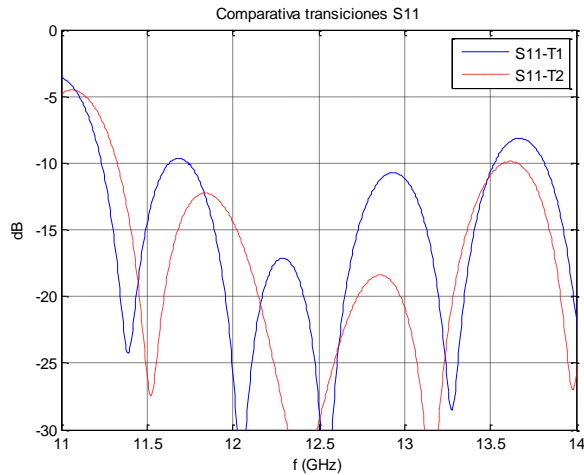


Fig. 3 Comparativa transiciones

En la figura anterior la transición T1 corresponde a una transición con un gap de aire mientras que la transición T2 corresponde a una transición sin gap de aire en la cara superior. Como se observa en dicha figura el ancho de banda para una adaptación mejor a 15 dB para la transición T2 (transición sin el gap de aire) que para la transición T1 (transición con el gap de aire).

III. RED DE DISTRIBUCIÓN

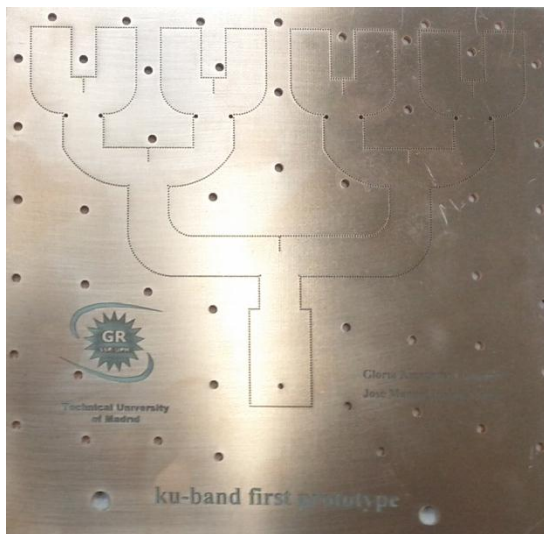


Fig. 4 Red de distribución

La red de distribución se compone de divisores de potencia y codos, estos elementos se han diseñado para obtener las menores pérdidas posibles tanto en adaptación como en transmisión de potencia [1] [2]. Para el diseño de estos elementos se ha empezado diseñando elementos tradicionales [6] para pasar posteriormente a elementos más específicos cuyo único objetivo es el de conseguir una buena adaptación y transmisión de potencia. La alimentación de la red de distribución se realiza a través de un cable coaxial vertical, empleándose una distribución en paralelo.

Los resultados que se han obtenido tanto en simulación como en medida son los siguientes:

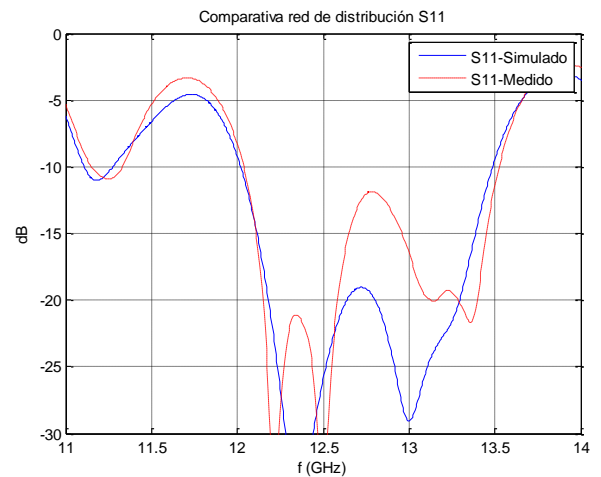


Fig. 5 Resultados red de distribución

Como se observa en la anterior figura los resultados simulados y medidos son bastante parecidos. En los resultados medidos se observa un pico superior adicional con respecto a lo simulados alrededor de 12.75 GHz, este hecho puede ser debido a defectos en fabricación o a la soldadura del conductor interior del cable coaxial a la capa superior.

IV. ELEMENTOS RADIANTES

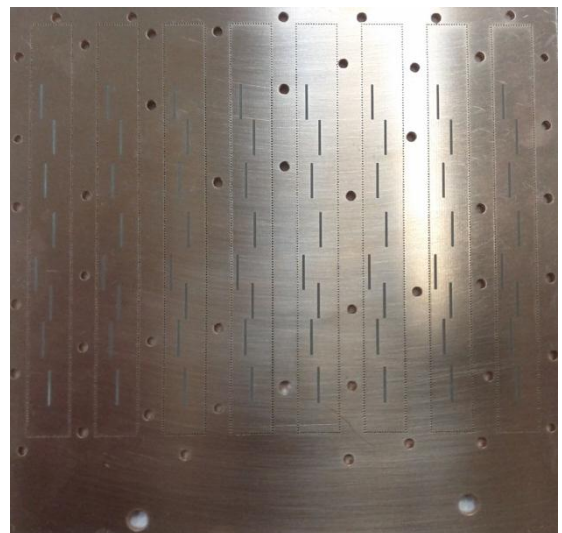


Fig. 6 Elementos radiantes

Los elementos radiantes los forman ocho guías de onda rectangulares ranuradas, cuya disposición es a través de una distribución serie [3]. Cada una de estas guías de onda se compone a su vez de ocho ranuras radiantes capaces de radiar la potencia necesaria para llevar a cabo la comunicación que se tiene por objetivo [7].

A continuación se muestra una comparativa de los resultados simulados y medidos de una guía de onda con ocho ranuras aislada:

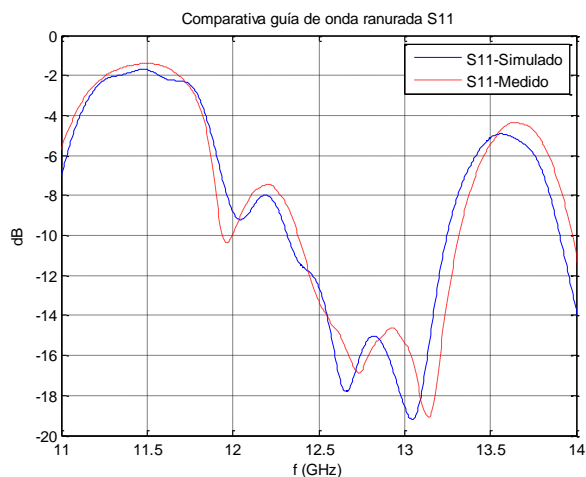


Fig. 7 Resultados elementos radiantes

Como se observa ambos resultados son muy similares aunque, como era de esperar, los resultados medidos empeoran mínimamente. Los resultados anteriores no tienen en cuenta los efectos de las guías de onda vecinas por lo que en la antenna final estos resultados empeorarán.

V. RANURAS DE ACOPLO EN H

Las ranuras de acoplo en H se utilizan para acoplar la potencia entre la red de distribución y los elementos radiantes ya que están superpuestos para ahorrar espacio. La longitud que recorren las corrientes superficiales en la ranura de acoplo debe ser aproximadamente media longitud de onda del vacío, por lo tanto dicha longitud no será mayor que la anchura de la guía de onda resultado este tipo de ranuras óptimas para esta antenna.

En la siguiente figura puede verse cómo se acoplan todos los elementos:

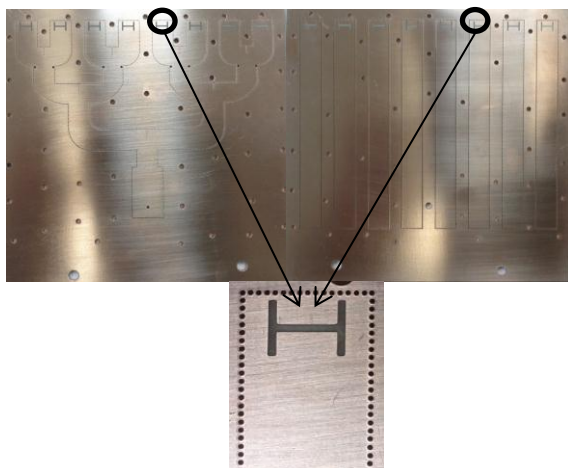


Fig. 8 Ranura de acoplo en H

VI. ANTENA

La unión de la red de distribución y los elementos radiantes forman la antenna objeto de diseño. Dicha antenna puesta sobre el posicionador de la cámara anecoica se puede ver en la siguiente figura:

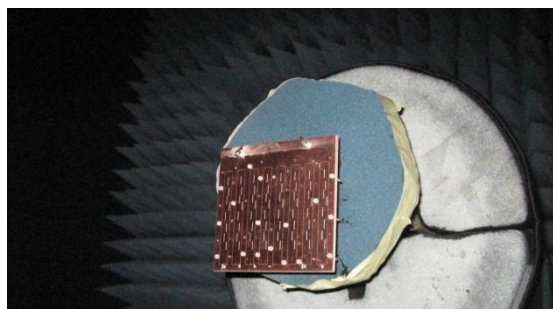


Fig. 9 Antena sobre el posicionador

Los resultados que se obtienen en la cámara anecoica son los siguientes:

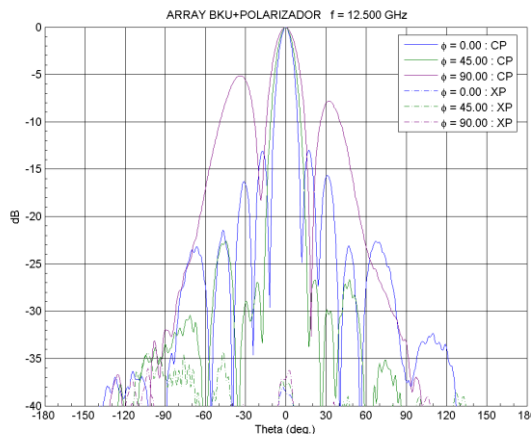


Fig. 10 Diagrama de radiación de la antenna

Como se observa en la figura los lóbulos secundarios en $\phi = 90^\circ$ son demasiado elevados. Esto es así ya que el objetivo de esta antenna es el de tener conseguir una buena adaptación debido a que el diseño de las guías de onda ranuradas con programas software es muy complejo.

La siguiente mejora será el diseñar esta antenna con un Roger que tenga menos pérdidas y realizar un tapering en las ranuras radiantes para que los lóbulos secundarios $\phi = 90^\circ$ sean menos elevados.

VII. POLARIZADOR

El polarizador utilizado es un polarizador de meandros de cuatro capas impresas.

El polarizador se pone sobre las guías de onda rectangulares ranuradas de la siguiente manera:



Fig. 11 Polarizador

En la siguiente figura se muestra el efecto que tiene el polarizador sobre la adaptación de la antenna:

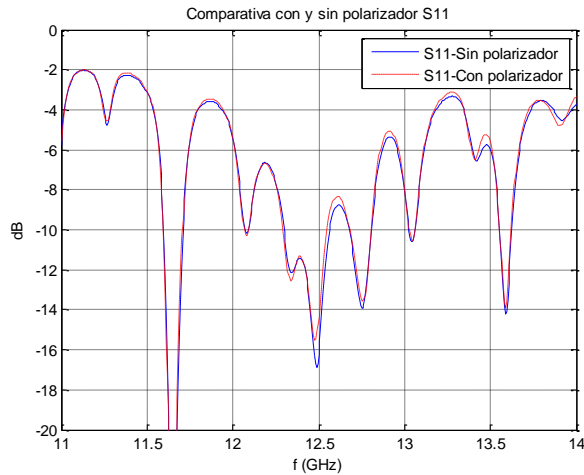


Fig. 12 Resultados con y sin polarizador

Como se esperaba el polarizador no afecta a la adaptación en la antenna, es totalmente invisible a ella.

El objetivo del polarizador es el de conseguir una relación axial lo menor posible en dB para tener una buena pureza de polarización. En la figura 14 se comprueba que la relación que se obtiene es del orden de un dB a la frecuencia de trabajo de la antenna, constituyendo así una buena pureza de polarización de acuerdo a las especificaciones previstas.

Teniendo en cuenta que el objetivo del polarizador es el de conseguir una relación axial cercana a uno en unidades naturales, es decir, polarización circular, en la siguiente figura se observa que los resultados esperados son los obtenidos.

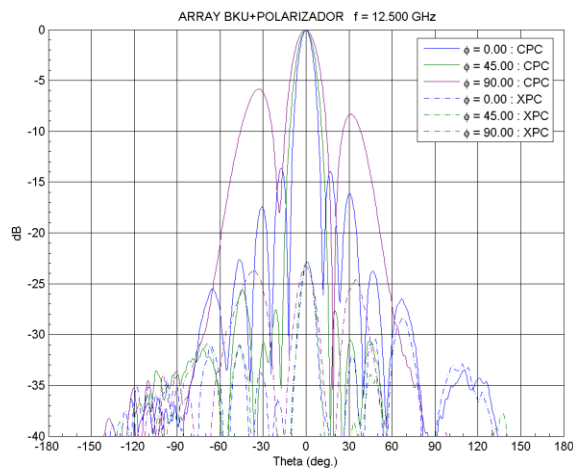


Fig. 13 Diagrama de radiación con el polarizador

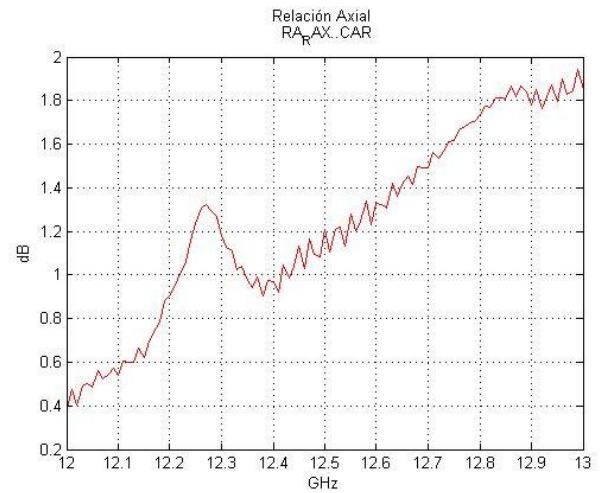


Fig. 14 Relación axial con el polarizador

VIII. CONCLUSIONES

El diseño de esta antenna se ha llevado a cabo teniendo por objetivo conseguir los mejores resultados posibles tanto para la adaptación como para la transición de potencia. Debido a esto se han empleado diferentes codos y divisores de potencia de los tradicionales.

La distribución de la antenna se basa en el ahorro del mayor espacio posible, por ello las guías con ranuras radiantes y las guía que distribuyen la potencia en paralelo están superpuestas comunicadas por ranuras de acoplo.

Finalmente puede concluirse que las especificaciones impuestas se han cumplido.

AGRADECIMIENTOS

Las simulaciones realizadas en este trabajo se han realizado utilizando CST Microwave Studio Suite 2012 bajo un acuerdo de cooperación entre la Tecnología Informática Simulación (CST) y la Universidad Politécnica de Madrid. El proyecto es apoyado por el Ministerio de Educación español (Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología) en el marco de referencia TEC2011-28789-C02-02, y por una beca de la UPM.

REFERENCIAS

- [1] Rober E. Collin, *Field Theory of Guided Waves*.: IEEE PRESS Series on Electromagnetic Waves, 1990.
- [2] David M. Pozar, *Microwave Engineering*.: John Wiley & Sons, 2005.
- [3] Min Chen and Wenquan Che, "Bandwidth enhancement of substrate integrated waveguide (SIW) slot antenna with center-fed techniques," *Antenna Technology (iWAT), 2011 International Workshop on*, pp. 348-351, March 2011.
- [4] Robert S. Elliot, *Antenna Theory and Design*.: John Wiley & Sons, Inc., 2003.
- [5] Li Yan et al., "Simulation and experiment on SIW slot array antennas," *Microwave and Wireless Components Letters, IEEE*, vol. 14, no. 9, pp. 446-448, Sept. 2004.
- [6] F. Alessandri, M. Mongiardo, and R. Sorrentino, "Rigorous mode matching analysis of mitered E-plane bends in rectangular waveguide," *Microwave and Guided Wave Letters, IEEE*, vol. 4, no. 12, pp. 408-410, Dec. 1994.
- [7] Zi-bin Weng, Rong Guo, and Yong-chang Jiao, "Design and Experiment on Substrate Integrated Waveguide Resonant Slot Array Antenna at Ku-Band," *Antennas, Propagation*